

Requested document:	JP2002208813 click here to view the pdf document
---------------------	--

OPTICAL CONTROL TYPE PHASED ARRAY ANTENNA DEVICE

Patent Number: JP2002208813
Publication date: 2002-07-26
Inventor(s): KO BIBI; INAGAKI KEIZO
Applicant(s): ATR ADAPTIVE COMMUNICATIONS RES LAB
Requested Patent: ☐ [JP2002208813](#)
Application Number: JP20010001410 20010109
Priority Number(s):
IPC Classification: H01Q3/26; H01Q25/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical control type phased array antenna device provided with an optical waveguide which is smaller than the conventional example and whose propagation losses can be reduced in optical waveguides that have mutually optical path length differences.

SOLUTION: In a double refraction optical waveguide device 80a used in this optical control type phased array antenna device, an optical waveguide 43a by different double refraction, which consists of optical waveguides 44a-1 to 44a-N for controlling the phases of a plurality of N pieces of optical signals, is formed on a double refraction optical waveguide substrate 40, so as to make the aspect ratios of the cores of the individual optical waveguides different from one another so as to make the double refractions of the individual optical waveguides different from one another, while having mutually prescribed phase differences.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-208813
(P2002-208813A)

(43)公開日 平成14年7月26日(2002.7.26)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 Q 3/26
25/00

識別記号

F I
H 0 1 Q 3/26
25/00

データベース(参考)
Z 5 J 0 2 1

審査請求 有 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-1410(P2001-1410)

(22)出願日 平成13年1月9日(2001.1.9)

特許法第30条第1項適用申請有り 2000年9月7日 社
団法人電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会2000
年 エレクトロニクスソサエティ大会 講演論文集1」
に発表

(71)出願人 396011680

株式会社エィ・ティ・アール環境適応通信
研究所

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

(72)発明者 胡 敬徳

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2

株式会社エィ・ティ・アール環境適応通信
研究所内

(74)代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外2名)

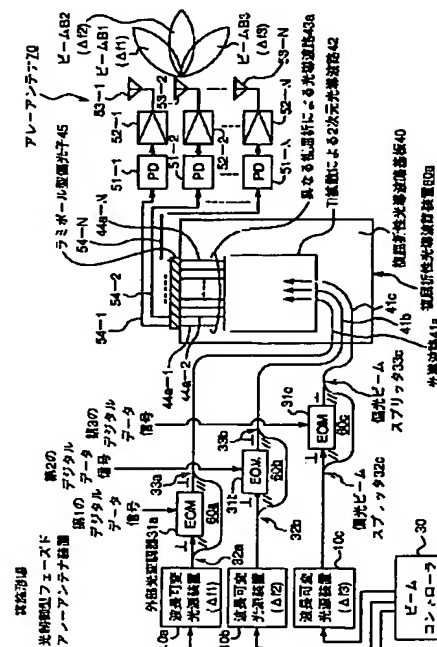
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光制御型フェーズドアレーアンテナ装置

(57)【要約】

【課題】 互いに光路長差を有する光導波路において、
従来例に比較して小型であってしかも伝搬損失を低減で
きる光導波路を備えた光制御型フェーズドアレーアンテ
ナ装置を提供する。

【解決手段】 光制御型フェーズドアレーアンテナ装置
に用いる複屈折光導波路装置80aにおいて、複数N個
の光信号の位相を制御するための光導波路44a-1乃
至44a-Nからなる異なる複屈折による光導波路43
aを、各光導波路の複屈折が互いに異なるように各光導
波路のコアのアスペクト比を互いに異ならせるように、
互いに所定の位相差を有して複屈折性光導波路基板40
上に形成する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の間隔で配置された複数N個のアンテナ素子を備えたアレーアンテナと、

互いに直交する2つの偏光成分の波長の周波数差を一定に保持しながら発光する光の波長が変化可能な複数M個の波長可変光源装置と、

上記波長可変光源装置から出力されるM本の光信号を、それぞれN本の光信号に分配する光分配手段と、

上記N本の光信号が伝送される、複屈折性光導波路基板上に形成されたN本の光導波路と、

上記複数N本の光信号にそれぞれ含まれる2つの偏光成分を偏光抽出して出力する偏光子手段と、

上記偏光手段から出力される各光信号に含まれる2つの偏光成分を混合して当該2つの偏光成分の周波数差に等しい周波数をそれぞれ有する複数N個の無線信号をそれぞれ上記複数N個のアンテナ素子に出力する複数N個の混合手段とを備え、

上記各混合手段から出力される複数N個の無線信号を、それぞれ対応する各アンテナ素子から放射することにより、上記複数M個の波長可変光源装置によって発生される光の波長に対応した所望の指向性ビームを形成して複数の無線信号を放射する光制御型フェーズドアレーアンテナ装置において、

上記光導波路は、各光導波路の複屈折が互いに異なるように形成されていることを特徴とした光制御型フェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項2】 上記各光導波路のコアのアスペクト比を互いに異ならせていることを特徴とした請求項1記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置。

【請求項3】 請求項1又は2記載の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置において、

上記複数M個の波長可変光源装置から出力される各光信号の2つの偏光成分のうちの所定の一方の偏光成分を、入力されるデジタル信号に従って変調する複数M個の光変調手段をさらに備えていることを特徴とした光制御型フェーズドアレーアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光領域において複数の無線信号を処理することにより、それぞれ独立に所定の指向方向に無線信号を送信する光制御型フェーズドアレーアンテナに関する。

【0002】

【従来の技術】光領域において複数の無線信号を処理することにより、それぞれ独立に所定の指向方向に電波を送信する光制御型フェーズドアレーアンテナ装置が、例えば、特許第2975597号（以下、従来例という。）に開示されている。

【0003】図2は、従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置のブロック図である。図2において、波

長可変光源装置10a、10b、10cは、ビームコントローラ30の制御により、図3に示すように、垂直偏光成分の波長と水平偏光成分の波長との周波数差を一定に保持しながら発光する光の波長を変化可能な波長可変光源装置である。各波長可変光源装置10a、10b、10cから発生された光信号はそれぞれ偏光ビームスプリッタ32a、32b、32c、外部光変調器（以下、EOMという。）31a、31b、31c及び偏光ビームスプリッタ33a、33b、33cを通過させることにより、それぞれ対応する第1、第2、及び第3のデジタルデータ信号に従って強度変調された後、複屈折性光導波路装置80における光導波路41a、41b、41cを介してTi拡散による2次元光導波路42に入射され、この後、N本の光導波路44-1乃至44-NからなるTi拡散による3次元光導波路43を通過させることにより複数N個の光信号に分波される。分波された各光信号は、複屈折性光導波路基板40上に互いに所定の光路長差を有して形成された複数N個の光導波路44-1乃至44-Nを介して伝搬する。次いで、各光導波路44-1乃至44-Nから出力される光信号はそれぞれ、ラミボール型偏光子45を介して各光導波路44-1乃至44-Nに対応するフォトダイオード51-1乃至51-Nに入射されて、2乗検波法により混合されて、2つの偏光成分の差周波数 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_3 を有するマイクロ波信号に光電変換された後、変換後のマイクロ波信号は各無線周波電力増幅器52-1乃至52-Nにより電力増幅されて、アレーアンテナ70の各アンテナ素子53-1乃至53-Nから自由空間に向けて放射される。ここで、アレーアンテナ70において、各アンテナ素子53-1乃至53-Nは、例えば半波長の所定の間隔で1直線上にリニアアレーで配置される。

【0004】ここで、複屈折性光導波路装置80の各光導波路は以下のような屈折率の波長依存特性を有する。すなわち、 LiNbO_3 にてなる複屈折性光導波路基板40において光導波路42及び43のように、Tiを熱拡散することにより、元の屈折率から屈折率を例えば1%程度だけ変化させることができ、しかも、常光及び異常光とも光信号長に対して屈折率が変化しており、また、偏光方向の違いにより屈折率の変化が異なっている。すなわち、伝送される光の波長に応じて屈折率が変化するので、伝送後の光の位相も光の波長に応じて変化させることができる。

【0005】また、波長可変光源装置10a、10b、10cによる波長可変時の隣接アンテナ素子間の位相差は以下のように制御される。垂直偏光成分と水平偏光成分との間の差周波数、すなわちアレーアンテナ70から放射される無線信号のマイクロ波周波数が例えば60GHzであり、3次元光導波路43の各光導波路44-1乃至44-Nにおける各隣接する光導波路の光路差を例えば1mmに設定した場合において、波長可変光源装置

10a, 10b, 10cから出力される光信号の波長を変化することにより、アレーアンテナ70における各隣接するアンテナ素子間の位相差を実質的に線形的に変化させることができる。従って、光信号の波長を変化させることにより、ビームB1, B2, B3の指向方向を変化させることができる。言い換えれば、垂直偏光成分と水平偏光成分との間の差周波数 Δf_1 , Δf_2 , Δf_3 に対応して3つのビームB1, B2, B3の指向方向を変化させることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来例においては、3次元光導波路43の光路長差によって光信号の位相を変化させている。これらの光路長差を実現するために、光導波路43を3次的に構成する必要があった。しかしながら、高い位相シフトを実現するために、長い光路長差を設計するときは、大きなサイズの導波路ウェハーと、小さな導波路の曲率半径が必要とされる。特に、後者に関して、LiNbO₃導波路において曲率半径Rが45mm以下になるとき、伝搬損失は指数関数的に増大するという問題点があった。

【0007】本発明は以上の問題点を解決し、互いに光路長差を有する光導波路において、従来例に比較して小型であってしかも伝搬損失を低減できる光導波路を備えた光制御型フェーズドアレーアンテナ装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光制御型フェーズドアレーアンテナ装置は、所定の間隔で配置された複数N個のアンテナ素子を備えたアレーアンテナと、互いに直交する2つの偏光成分の波長の周波数差を一定に保持しながら発光する光の波長が変化する複数M個の波長可変光源装置と、上記波長可変光源装置から出力されるM本の光信号を、それぞれN本の光信号に分配する光分配手段と、上記N本の光信号が伝送される、複屈折性光導波路基板上に形成されたN本の光導波路と、上記複数N本の光信号にそれぞれ含まれる2つの偏光成分を偏光抽出して出力する偏光子手段と、上記偏光子手段から出力される各光信号に含まれる2つの偏光成分を混合して当該2つの偏光成分の周波数差に等しい周波数をそれぞれ有する複数N個の無線信号をそれぞれ上記複数N個のアンテナ素子に出力する複数N個の混合手段とを備

$$\frac{d\phi}{d\lambda} = \frac{k\Delta L}{\lambda} \left(B - \lambda \frac{dB}{d\lambda} - \lambda \frac{\omega_x}{\omega} \frac{dn_x}{d\lambda} \right) \cong \frac{k\Delta L}{\lambda} \left(B - \lambda \frac{dB}{d\lambda} \right) = P.$$

【0015】ここで、 $\Delta L = L_1 - L_2$ は、隣接する光導波路44-1乃至44-Nの長さの差である。後に、図1のアレーアンテナ70から放射するための無線信号は、2つの光信号の周波数差

$$\text{【数2】 } \omega_{rf} = \omega_x - \omega_y \ll \omega$$

で伝送される。また、 $k = 2\pi/\lambda$ は波数、 $B = n_x - n_y$ は光導波路の基本モードの複屈折である。図2にお

え、上記各混合手段から出力される複数N個の無線信号を、それぞれ対応する各アンテナ素子から放射することにより、上記複数M個の波長可変光源装置によって発生される光の波長に対応した所望の指向性ビームを形成して複数の無線信号を放射する光制御型フェーズドアレーアンテナ装置において、上記光導波路は、各光導波路の複屈折が互いに異なるように形成されていることを特徴とする。

【0009】上記光制御型フェーズドアレーアンテナ装置において、上記各光導波路のコアのアスペクト比を互いに異ならせていることを特徴とする。

【0010】また、上記光制御型フェーズドアレーアンテナ装置において、上記複数M個の波長可変光源装置から出力される各光信号の2つの偏光成分のうちの所定の一方の偏光成分を、入力されるデジタル信号に従って変調する複数M個の光変調手段をさらに備えていることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置について説明する。

【0012】図1は、本発明に係る実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置の構成を示すブロック図であり、図2と同様のものについては同一の符号を付している。本実施形態の特徴を概説すれば、図2の従来例に比較して、複屈折光導波路装置80aにおいて、複数N個の光信号の位相を制御するための光導波路44a-1乃至44a-Nからなる異なる複屈折による光導波路43aを、各光導波路の複屈折が互いに異なるように各光導波路のコアのアスペクト比を互いに異ならせるように、互いに所定の位相差を有して複屈折性光導波路基板40上に形成したことを特徴としている。

【0013】以下に、本実施形態において、異なる複屈折による光導波路43aが動作する原理を説明する。図2に図示された従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置では、N個全ての出力光導波路44-1乃至44-Nを同一の伝搬定数で製作した。すなわち、従来例では、互いに隣接する光導波路44-1乃至44-Nの間のRF位相差 ϕ は次式のように与えられる。

【0014】

【数1】

いて、複屈折性光導波路装置80を伝搬する光信号の位相を制御する3次元光導波路43は、それぞれ異なる光導波路長さを有するように設定され、各々の光導波路長の差によって上記各光信号に発生する位相差を利用して

【0016】一方、本発明に係る実施形態においては、異なる伝搬定数を有するN個の出力光導波路44a-1

乃至44a-Nが利用される。改良された式は次式で与えられる。

【0017】

【数3】

$$-\frac{d\phi}{d\lambda} = \frac{k}{\lambda} \frac{(L_1 - L_2)}{\lambda} \left(B_1 - \lambda \frac{dB_1}{d\lambda} \right) + \frac{k}{\lambda} \frac{L_2}{\lambda} \left[(B_1 - B_2) - \lambda \left(\frac{dB_1}{d\lambda} - \frac{dB_2}{d\lambda} \right) \right]$$

$$= P_a + P_b$$

【0018】数1は、高い $d\phi/d\lambda$ が光導波路44a-1乃至44a-Nの長さの大きな差 ΔL と高い導波路複屈折Bとに依存することを示している。数3は、第2項 P_b によって光導波路44a-1乃至44a-Nの位相シフトの性能を向上させている。これは、長い導波路長さ L と高い導波路複屈折の差 ΔB とを使用することによって大きな $d\phi/d\lambda$ を取得できることを示している。長い導波路長さ L を実現することは非常に容易である。導波路複屈折の差 ΔB を取得するための簡単な方法は、出力導波路44a-1乃至44a-Nの幅を互いに相違させることであり、後述の実施例において、本願発明者らが行った実験の結果を説明する。

【0019】図1に戻って、本発明に係る実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置について説明する。この光制御型フェーズドアレーアンテナ装置の基本的な特徴を概説すれば、互いに直交する2つの偏光成分の波長の周波数差を一定に保持しながら発光する光の波長を制御可能な波長可変光源装置である3個の波長可変光源装置10a、10b、10cと、ラミボール偏光子45が形成された複屈折性光導波路装置80aとを用いて、波長可変光源装置10a、10b、10cから出力される光信号の波長を変化させることにより、リニアアレーで配列されたアレーアンテナ70から放射される各ビームの指向方向を変化させることを特徴としている。

【0020】図1において、波長可変光源装置10a、10b、10cから出力される光信号の波長は、ビームコントローラ30により変化させ、これにより、詳細後述するように、アレーアンテナ70から放射される指向方向を変化させる。ここで、波長可変光源装置10a、10b、10cから出力される光信号は、互いに直交する垂直偏光成分と水平偏光成分とを含み、それらの間の差周波数は各装置10a、10b、10c毎で異なり、装置10aが差周波数 Δf_1 を有し、装置10bが差周波数 Δf_2 を有し、装置10cが差周波数 Δf_3 を有しているとき、アレーアンテナ70から放射される無線信号のビームB1は差周波数 Δf_1 の無線周波数を有し、無線信号のビームB2は差周波数 Δf_2 の無線周波数を有し、無線信号のビームB3は差周波数 Δf_3 の無線周波数を有する。

【0021】上記波長可変光源装置10a、10b、10cは、図3に示すように、垂直偏光成分の波長と水平偏光成分の波長との周波数差を一定に保持しながら発光する光の波長を変化可能な、従来例と同様な波長可変光源装置である。

【0022】波長可変光源装置10aから出力される光

信号は、互いに直交する垂直偏光成分と水平偏光成分とを含み、偏光ビームスプリッタ32aにより偏光分離され、一方の水平偏光成分の光信号は、入力される第1のデジタルデータ信号に従って光信号を強度変調するEOM31aを介して偏光ビームスプリッタ33aに入力される一方、他方の水平偏光成分の光信号は、そのまま偏光ビームスプリッタ33aに入力される。偏光ビームスプリッタ33aは、入力される2つの光信号を偏光合波して複屈折性光導波路装置80a内の光導波路41aに出力する。ここで、水平偏光成分の光信号は基準光信号として用いられ、フォトダイオード51-1乃至51-Nにおける2乗検波における局発振信号として用いられる。従って、偏光ビームスプリッタ32a、33aとEOM31aにより、垂直偏光成分の光信号のみを光変調する光変調装置60aを構成している。

【0023】また、波長可変光源装置10bから出力される光信号は、互いに直交する垂直偏光成分と水平偏光成分とを含み、光変調装置60aと同様に、偏光ビームスプリッタ32b、33b及びEOM31bにより構成される光変調装置60bを介して複屈折性光導波路装置80a内の光導波路41bに出力する。ここで、EOM31bは、入力される水平偏光成分の光信号を、第2のデジタルデータ信号に従って強度変調して出力する。

【0024】さらに、波長可変光源装置10cから出力される光信号は、互いに直交する垂直偏光成分と水平偏光成分とを含み、光変調装置60a、60bと同様に、偏光ビームスプリッタ32c、33c及びEOM31cにより構成される光変調装置60cを介して複屈折性光導波路装置80a内の光導波路41cに出力する。ここで、EOM31cは、入力される水平偏光成分の光信号を、第3のデジタルデータ信号に従って強度変調して出力する。

【0025】なお、波長可変光源装置10aと、複屈折性光導波路装置80aの光導波路41aとの間、波長可変光源装置10bと、複屈折性光導波路装置80aの光導波路41bとの間、及び波長可変光源装置10cと、複屈折性光導波路装置80aの光導波路41cとの間は、好ましくは、光ファイバケーブルで接続して構成され、とって代わって光導波路で接続して構成されてもよい。

【0026】複屈折性光導波路装置80aにおいて、光導波路41a、41b、41cは、その装置80aの縁端部からTi拡散による2次元光導波路42の一方の縁端部まで導かれるように、 LiNbO_3 にてなる複屈折性光導波路基板40上に形成される。Ti拡散による2

次元光導波路42は、複屈折性光導波路基板40において、公知のTi拡散方法により形成され、光導波路41a、41b、41cの縁端部から出射される3つの光信号について、当該基板40の厚さ方向である上下方向（垂直偏光成分の偏光変化方向に対応する。）のみに対して光を閉じ込める長方形の面状の光導波路である。Ti拡散による2次元光導波路42の一方の縁端部に対向する他方の縁端部には、複数N本の光導波路44a-1乃至44a-Nが接続される。

【0027】光導波路41aから出射された光信号は当該2次元光導波路42の面内で横方向に広がってすべての光導波路44a-1乃至44a-Nの入射部に入射する。また、光導波路41bから出射された光信号は、同様に、当該2次元光導波路42の面内で横方向に広がってすべての光導波路44a-1乃至44a-Nの入射部に入射する。さらに、光導波路41cから出射された光信号は、同様に、当該2次元光導波路42の面内で横方向に広がってすべての光導波路44a-1乃至44a-Nの入射部に入射する。従って、2次元光導波路42は、3個の光導波路41a、41b、41cからそれぞれ出力される各光信号を、光スターカプラ形式でN本の光導波路44a-1乃至44a-Nに分配して出力する。

【0028】光導波路44a-1乃至44a-Nは、公知のTi拡散方法により形成されたTi拡散による異なる複屈折による光導波路43aであり、2次元光導波路42から光導波路44a-1乃至44a-Nに入射した複数N本の光信号について、当該基板40の厚さ方向である上下方向（垂直偏光成分の偏光変化方向に対応する。）及びその厚さ方向に垂直な方向である左右方向（横方向；水平偏光成分の偏光変化方向に対応する。）に対して光を閉じ込めてシングルモードで光信号を伝搬させる光導波路である。ここで、各導波路の複屈折を互いに相違させ、互いに所定の位相差を有するように、光導波路44a-1乃至44a-Nにおいては、各光導波路のコアのアスペクト比を、アレーアンテナ70のアンテナ素子53-1乃至53-Nの設置位置に対応して、例えば昇順で互いに異ならせることにより、各アスペクト比を変化させている。

【0029】上記の、光導波路のコア断面のアスペクト比と、光導波路の複屈折との関係は、例えば従来例の明細書において考察されている。当該明細書では、シングルモードの矩形コアを有する光導波路の幅aと深さbとのアスペクト比 a/b が増大すると、光導波路の複屈折Bは減少することが開示されている。本発明の実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置においてはこの事実を利用し、光導波路44a-1乃至44a-Nの複屈折を互いに相違させ、光導波路44a-1乃至44a-Nをそれぞれ伝搬した各光信号の位相を互いに相違させている。すなわち、光導波路43aは、従来例のご

とく光路長差を形成したことと同様の作用効果を有している。

【0030】次いで、Ti拡散による異なる複屈折による光導波路43aの各光導波路44a-1乃至44a-Nの他方の端部には、InP層上にInGaAs層を形成するように、直接的に一括してコーティングすることによりラミボール型偏光子45が形成されている。このラミボール型偏光子45は各光導波路44a-1乃至44a-Nから出射される光信号の垂直偏光成分と水平偏光成分とから約45度だけ傾斜された偏光成分のみを偏光抽出して出力する光学素子である。この場合、このラミボール型偏光子45は、光信号の垂直偏光成分と水平偏光成分の両方の偏光成分をそれぞれ若干減衰しながらも偏光抽出して各フォトダイオード51-1乃至51-Nに出力する。なお、ラミボール型偏光子45は上述のように一括コーティングしてもよいし、各光導波路44a-1乃至44a-Nに対して個別にコーティングして形成してもよい。

【0031】従って、上記2次元光導波路42は、入射する3つの光信号を合成して合波した後、複数N本の光導波路44a-1乃至44a-Nに分配して分波する光学装置を構成しており、次いで、ラミボール型偏光子45により各光導波路44a-1乃至44a-Nにおける垂直偏光成分と水平偏光成分の両方の偏光成分を偏光抽出して出力する。

【0032】各光導波路44a-1乃至44a-Nから出力される光信号はそれぞれ、ラミボール型偏光子45と、それぞれ等長の光ファイバケーブル54-1乃至54-Nとを介して各フォトダイオード51-1乃至51-Nに入射されて、2乗検波法により混合されて、2つの偏光成分の差周波数 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_3 を有するマイクロ波信号に光電変換された後、変換後のマイクロ波信号は各無線周波電力増幅器52-1乃至52-Nにより電力増幅されて、アレーアンテナ70の各アンテナ素子53-1乃至53-Nから自由空間に向けて放射される。ここで、アレーアンテナ70において、各アンテナ素子53-1乃至53-Nは、例えば半波長の所定の間隔で1直線上にリニアアレーで配置される。

【0033】ここで、複屈折性光導波路装置80aの各光導波路は以下のような屈折率の波長依存特性を有する。すなわち、 LiNbO_3 にてなる複屈折性光導波路基板40において光導波路42及び43aのように、Tiを熱拡散することにより、元の屈折率から屈折率を例えば1%程度だけ変化させることができ、しかも、常光及び異常光とも光信号長に対して屈折率が変化しており、また、偏光方向の違いにより屈折率の変化が異なっている。すなわち、伝送される光の波長に応じて屈折率が変化するので、伝送後の光の位相も光の波長に応じて変化させることができる。

【0034】

【実施例】以下に、本発明に係る実施形態の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置における光導波路43aを互いに異なる複屈折を有して形成した実験的な実施例を示す。

【0035】図4は、 LiNbO_3 における導波路複屈折Bと光導波路の幅wとの関係を測定した実験結果を示している。光信号長入に対する光導波路の複屈折Bのグラフにおいて、光導波路の幅wが異なる4つの場合 ($w=5, 6, 7$ 及び $8\mu\text{m}$) を比較したグラフである。全ての光導波路は単一モード伝搬に制限されている。導波路複屈折の差 ΔB は約0.001であり、例えば幅 $w=7\mu\text{m}$ を有する標準的な導波路複屈折は $B=0.0784$ である。各光導波路の伝搬損失は標準的な光導波路と同様である。

【0036】数3に基づいて、波長を同調することによって制御される位相を観察し、図5に示す。 P_a は数1で示されるような光導波路の長さを変化させることによって達成された、波長に対する位相の変化率を表し、 P_b は本発明で開示されている技術を用いて光導波路の幅を変化させ、それによってその複屈折が変化するために達成された位相の変化率を表す。 $P_a + P_b$ は、数3で示されるような光導波路の長さ、光導波路の幅で特徴付けられるその複屈折とを変化させることによって達成された、従来例よりも改良された位相の変化率を表す。ここで各パラメータは、 P_a に対して光導波路の長さの差 $\Delta L=0.5\text{mm}$ 、及び光導波路の複屈折 $B=0.0784$ 、また P_b に対して光導波路の長さ $L=50\text{mm}$ 、及び光導波路の複屈折の差 $\Delta B=0.001$ である。具体的に、光導波路の長さの差 $\Delta L=0.5\text{mm}$ 、光導波路の長さ $L=50\text{mm}$ 、光導波路の複屈折の差 $\Delta B=0.001$ 、光導波路の複屈折分散 $dB/d\lambda=0.02\mu\text{m}^{-1}$ 、及び光導波路の複屈折分散の差 $\Delta dB/d\lambda=0.0002\mu\text{m}^{-1}$ である場合は、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光信号において $\pm 10\text{nm}$ の波長同調は、光信号の位相の $\pm 180^\circ$ の変化をもたらす。

【0037】これらの図4及び図5のグラフによれば、従来例のように光導波路の長さによって位相差を変化させることに比較して、光導波路43aの複屈折によって位相差を変化させることによって、位相シフトは従来例と比較して約2倍に増大される。このことは、従来例と同様な波長可変範囲を有する波長可変光源10a、10b、10cによって、ビームの指向方向の角度可変範囲を拡大できることを意味する。

【0038】以上説明したように本実施形態によれば、以下の特有の効果を有する。

(1) 複数M本のビームからなるマルチビームアンテナの放射する各ビームの指向方向を、複数M個の波長可変光源装置10a、10b、10cの発光信号長を変化することにより独立に制御できる。また光導波路43aは光路長差を設けるために曲げることなく直行してそ

のアスペクト比を変えて複数N本の光信号の位相を変化させているため、光導波路43aの曲げ損失を減少することができる。従来例に比較して光導波路43aの複屈折性光導波路基板40上のパターンは簡単になり、それによって複屈折性光導波路基板40のサイズはコンパクトになり、同一の基板面積で出力光導波路の本数を増加できる。

(2) さらに、光導波路43aの長さに加えて、その複屈折を変化させることによって光信号長に対する位相の変化率を増大させることができ、従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置と同様の波長可変範囲を有する波長可変光源に対してビーム方向の角度可変範囲を拡張することができる。

(3) 少なくとも複屈折性光導波路装置80aは光導波路として光集積化が可能であり、実用性が高く小型軽量化することができ、これによって製造コストを大幅に低減できる。さらに、光変調装置60a、60b、60cをも光集積化が可能であり、さらに小型軽量化することができ、これによって製造コストを低減できる。

【0039】以上の実施形態においては、Ti拡散方法により分布屈折率光導波路である2次元光導波路42及び異なる複屈折による光導波路43aを形成しているが、本発明はこれに限らず、GaAsなどの半導体光導波路や、ガラス光導波路などを用いてもよい。

【0040】以上の実施形態においては、リニアアレーで形成されたアレーアンテナ70を用いているが、本発明はこれに限らず、2次元のアレーアンテナであってもよい。この変形例の場合においては、各ビームを、実施形態のように平面内で変化させるのではなく、アレーアンテナの平面に対して垂直な方向に延在する空間で3次元で変化させることができる。

【0041】以上の実施形態において、波長可変光源装置10a、10b、10cの各差周波数 Δf_1 、 Δf_2 、 Δf_3 を互いに異なるように設定しているが、本発明はこれに限らず、同一に設定しても良い。この場合、アレーアンテナ70からは、同一の無線周波数であって、例えば異なる指向方向のビームB1、B2、B3を放射することができる。

【0042】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明に係る光制御型フェーズドアレーアンテナ装置によれば、従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置において、複屈折性光導波路基板上に互いに所定の位相差を有して形成され、複数N個の光信号を伝送する複数の第2の光導波路はそれぞれ、各光導波路の複屈折が互いに異なるように、各光導波路のコアのアスペクト比を互いに異ならせることにより、互いに所定の位相差を有して形成されている。

【0043】従って、互いに光路長差を有する光導波路において、従来例に比較して小型であってしかも伝搬損

失を低減できる光導波路を備えた光制御型フェーズドアレーアンテナ装置を提供することができる。これにより、同一の基板面積で出力光導波路の本数を増加できるとともに、光導波路の長さのほかに、その複屈折を変化させることによって光信号長に対する位相の変化率を増大させることができ、従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置と同様の波長可変範囲を有する波長可変光源に対してビーム方向の角度可変範囲を拡張することができる。広帯域の信号を取り扱い伝送することができる。それ故、少なくとも複屈折性光導波路基板上に光導波路として光集積化が可能であり、実用性が高く小型軽量化することができ、これによって製造コストを大幅に低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る実施形態である光制御型フェーズドアレーアンテナ装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 従来例の光制御型フェーズドアレーアンテナ装置の構成を示すブロック図である。

【図3】 図1及び図2の波長可変光源装置10a, 10b, 10cの動作を示す出力光強度の波長特性を示すスペクトル図である。

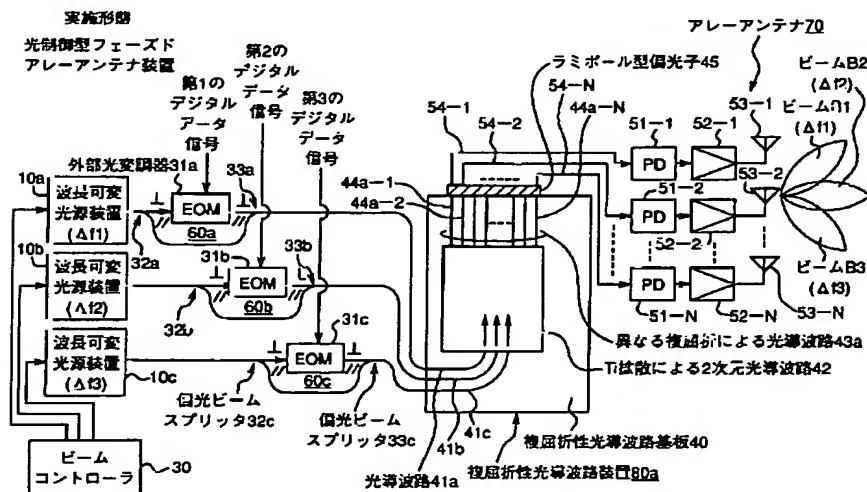
【図4】 図1の光導波路43aにおいて、光信号長入に対する光導波路の複屈折Bの特性を示すグラフにおいて、光導波路の幅を変化させて比較したグラフである。

【図5】 従来例及び本発明の実施形態の光制御型アレーアンテナ装置において、光源の波長入に対する光信号の位相差 ϕ を示すグラフである。

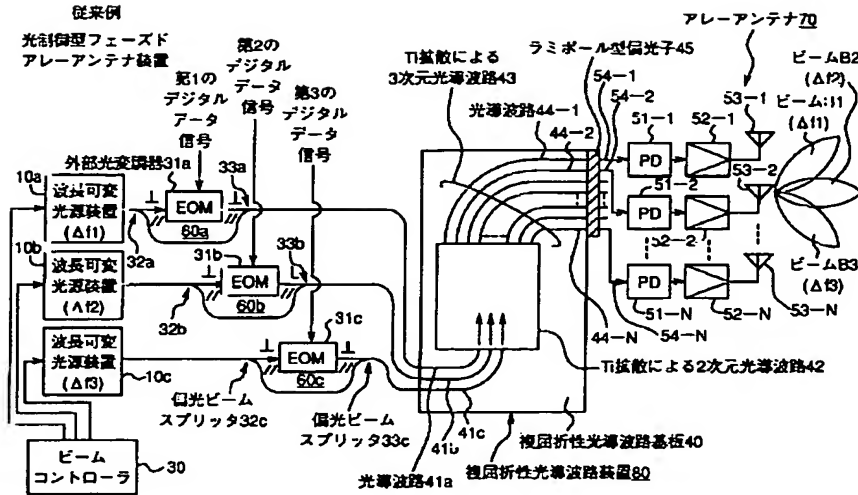
【符号の説明】

- 10a, 10b, 10c…波長可変光源装置、
- 30…ビームコントローラ、
- 31a, 31b, 31c…外部光変調器(EOM)、
- 32a, 32b, 32c, 33a, 33b, 33c…偏光ビームスプリッタ、
- 40…複屈折性光導波路基板、
- 41a, 41b, 41c…光導波路、
- 42…Ti拡散による2次元光導波路、
- 43a…異なる複屈折による光導波路、
- 44-1乃至44-N, 44a-1乃至44a-N…光導波路、
- 45…ラミボール型偏光子、
- 51-1乃至51-N…フォトダイオード、
- 52-1乃至52-N…無線周波電力増幅器、
- 53-1乃至53-N…アンテナ素子、
- 54-1乃至54-N…光ファイバケーブル、
- 60a, 60b, 60c…光変調装置、
- 70…アレーアンテナ、
- 80, 80a…複屈折性光導波路装置、
- 100…外部共振器型半導体レーザー装置、
- B1, B2, B3…ビーム。

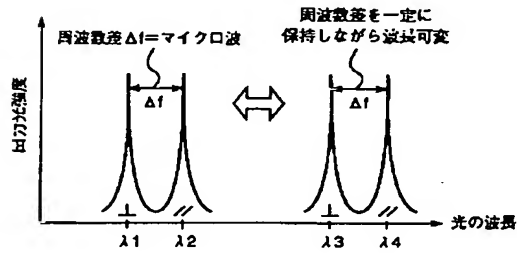
【図1】



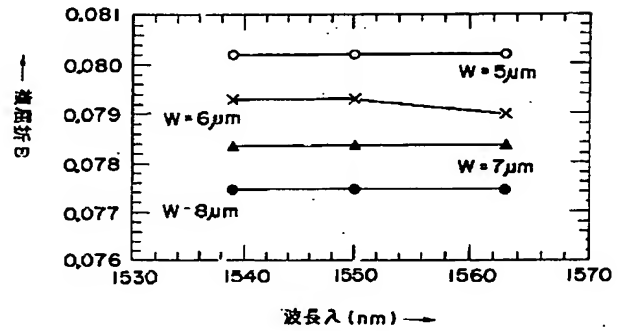
【図2】



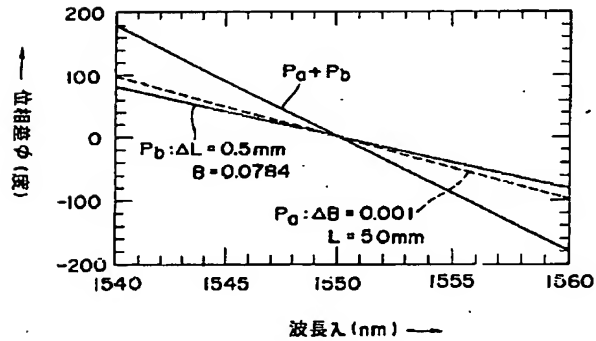
【図3】



【図4】



【図5】



:(9) 002-208813 (P2002-208813A)

フロントページの続き

(72)発明者 稲垣 恵三

京都府相楽郡精華町光台二丁目2番地2
株式会社エイ・ティ・アール環境適応通信
研究所内

Fターム(参考) 5J021 AA05 AA11 DB01 DB05 EA06

FA07 FA25 FA26 FA29 FA31

GA02 HA02 JA02 JA07